



ОБЗОР ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ УСЛУГ СЕТЕЙ 5G И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ С ФУНКЦИЕЙ АНАЛИЗА СЕТЕВЫХ ДАННЫХ

В. С. Елагин*, **Г. М. Врублевский**, **Э. И. Мирзоев**, **А. И. Эктова**

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: elagin.vas@gmail.com

Аннотация—По-прежнему обширно используемые сети 4G не способны в достаточной мере обеспечить постоянно возникающие новые потребности пользователей в услугах подвижной/мобильной связи. В попытках обеспечить реализацию потребностей и запросов абонентов операторы столкнулись с рядом проблем, а именно: недостаточной гибкостью сетей связи, их сложностью, увеличением и постоянным ростом стоимости эксплуатации сетей связи. Технология сверхплотных сетей 5G позволяет в той или иной мере разрешить данные проблемы и устранить недостатки, таким образом, становясь логическим развитием сетей подвижной связи. Однако 5G со всеми своими достоинствами и перспективами развития, как в рамках архитектуры сети, так и разнообразии предоставляемых услуг, сталкивается с проблемой большого массива обрабатываемых данных, а точнее их анализа – метода обработки данных для улучшения качества обслуживания и услуг сетей связи 5G.

Ключевые слова—5G, услуги, network data analytic function (NWDAF), Artificial Intelligence (AI).

Информация о статье

УДК 004.725.4

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 30.03.2021, принята к печати 28.07.2021.

Ссылка для цитирования: Елагин В. С., Врублевский Г. М., Мирзоев Э. И., Эктова А. И. Обзор основных направлений услуг сетей 5G и их интеграция с функцией анализа сетевых данных // Информационные технологии и телекоммуникации. 2021. Том 9. № 2. С. 30–39. DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-2-30-39.



REVIEW OF 5G NETWORK SERVICES AND THEIR INTEGRATION WITH THE NETWORK DATA ANALYTIC FUNCTION

V. Elagin^{*}, G. Vrublevskiy, E. Mirzoev, A. Ektova

¹The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

*Corresponding author: elagin.vas@gmail.com

Abstract—The still widely used 4G networks are not able to adequately meet the constantly emerging new needs of users for mobile services. In their attempts to meet the needs and requests of subscribers, the operators faced a number of problems, namely: the lack of flexibility of communication networks, their complexity, and the increase and constant increase in the cost of operating communication networks. The technology of super-dense 5G networks allows to solve these problems and eliminate shortcomings to some extent, thus becoming a logical development of mobile communication networks. However, 5G, with all its advantages and development prospects, both within the framework of the network architecture and the variety of services provided, faces the problem of a large array of processed data, or rather their analysis – a method of data processing to improve the quality of service of 5G communication networks.

Keywords—5G, services, network data analytic function (NWDAF), Artificial Intelligence (AI).

Article info

Article in Russian.

Received 30.03.2021, accepted 28.07.2021.

For citation: Elagin V., Vrublevskiy G., Mirzoev E., Ektova A.: Review of 5G network services and their integration with the network data analytic function // Telecom IT. 2021. Vol. 9. Iss. 2. pp. 30–39 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-2-30-39.



Введение

Работа над 5G началась в 2015 году, когда ITU-R (*International Telecommunication Union* – Международный союз электросвязи (МСЭ-R)) был сформулирован стандарт IMT-2020, содержащий ключевые требования к технологии нового поколения. В сравнении с предыдущим стандартом IMT-Advanced, актуальным для 4G, они выглядят следующим образом (Таблица 1) [1].

Таблица 1.

Параметры 5G

Параметры	5G
Пропускная способность	Скорость ПД увеличилась в $10 \div 100$ раз (исходя из расчета на абонента): до 10 Гбит/с (DownLoad) и порядка 5 Гбит/с (UpLoad)
Рост потребляемого трафика (в расчете на 1 абонента)	до 500 Гб в месяц
Способность увеличения времени автономной работы устройств (таких как сенсоры IoT/D2D/M2M)	до 10 лет
Понижение эксплуатационной стоимости и энергопотребления	до 10 раз
Количество подключенных устройств	увеличение в $10 \div 100$ раз, порядка 1 млн устройств на 1 км^2
Задержка передачи данных	уменьшение с 10 до 1 мс

Перечисленные выше параметры, в аспекте физического ограничения скорости передачи информации 5 мкс/км^1 , подразумевают сильно кластеризованную структуру сети. По данным аналитики для сетей 4G процент трафика, не выходящего за пределы зоны обслуживания базовой станции, составляет более 16 %. Для сетей 5G доля такого трафика будет значительно выше. Создание самодостаточных кластеров при условии децентрализации функций управления сетью позволит снизить нагрузку на базовые станции, как точки входа в глобальную сеть.

В данной работе будут рассмотрены основные услуги и сервисы, предоставляемые в сетях 5G, произведена оценка востребованности предлагаемых услуг в различных сферах деятельности человека, дана оценка актуальной зоны покрытия, а также предложен вариант анализа столь массивного трафика.

Основные услуги предоставляемые в сетях связи 5G

5G – это новый стандарт связи, предполагающий под собой развитие существующих сетей мобильной связи, который позволяет привнести как новый пакет услуг, так и усовершенствование существующих в сфере телекоммуникаций и инфокоммуникационных технологий. Определим ключевые услуги в сетях пятого поколения, – ими станут следующие сервисы [2]:

¹ ITU-T Recommendation Y.1541 Network performance objectives for IP-based services, 20.



– мультимедийные услуги с использованием эффекта полного присутствия, то есть интерактивная трансляция с охватом в 360° (3D видео, онлайн игры);

- сервисы виртуальной реальности и дополненной реальности (AR/VR);
- облачные сервисы, IoT и тактильный интернет;
- M2M сервисы (энергетика, транспорт, здравоохранение, торговля, общественная безопасность, промышленность, ЖКХ).

5G ассоциируется со сверхскоростным интернетом, AR (*Augmented reality* – дополненная реальность)/VR (*Virtual Reality* – виртуальная реальность), умным домом, беспилотным транспортом. Но помимо потребительского назначения у технологии существует и промышленный аспект. Более того, главный заказчик нового поколения связи – именно корпоративный сектор. Самый стремительный рост по объёму передаваемых данных и количеству устройств показывает сегмент интернета вещей, в том числе промышленного.

Востребованность услуг сетей 5G в различных сферах и отраслях

Сферы деятельности, для которых будет востребован тот или иной сегмент услуг в сетях 5G, показаны в Таблица 2. Также в таблице произведена оценка зон покрытия, с точки зрения зоны обслуживания одной базовой станции (БС) 5-го поколения, как с позиции дальности распространения сигнала от БС, так и приносимых задержек при передаче информации².

Таблица 2.

Варианты использования услуг 5G в различных сферах

Сфера	Сценарий применения	Результат	Оценка зоны покрытия
Производство	Автоматизация производственных процессов, достигаемая путем реализации беспроводной связи для обмена информацией между различными датчиками и манипуляторами с пультом управления.	1. Уменьшение складских расходов. 2. Повышение качества, как и уровня производства, так и производимого продукта. 3. Повышение системы и мер безопасности. 4. Возможность перехода на полностью автоматизированное цифровое производство, используя интеллектуальную систему управления, которая способна взаимодействовать,	Ограниченная зона (территория предприятия)
	Автоматизация процесса транспортировки, путем удаленного доступа и контролю транспортных средств, на территории предприятий		

² Приказ Минкомсвязи России № 923 «Об утверждении Концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации» от 27.12.2019.



Сфера	Сценарий применения	Результат	Оценка зоны покрытия
	Возможность производства дистанционной оценки качества или проведение диагностики систем.	отслеживать и анализировать все в режиме реального времени, в перспективе объединений производств в глобальную сеть вещей и услуг (Индустрия 4.0).	Возможна необходимость подключения к глобальной сети
Интернет вещей (IoT)	Концепция умного дома, производственные и вычислительные мощности (IIoT), инфраструктура умного города, фактическое объединение устройств и системы в общую сеть с дистанционным управлением и контролем при минимальных задержках.	На промышленных объектах 5G обеспечит быструю качественную связь между станками, измерительными приборами и ЦОДа.	Ограниченная зона (зона обслуживания ЦОДа)
		Жители городов смогут воспользоваться бесперебойным оперативным доступом к различным сервисам: центрам государственных услуг, городскому транспорту и не только.	Глобальный доступ
Облачные технологии	Благодаря скоростной передаче данных пользователи и разработчики смогут совершать операции, требующие высокой аппаратной мощности, имея под рукой только мобильный интернет.	1.Хранение данных, ментальная загрузка и вычисления. 2.Для применения облачных приложений не требуется установка on-premise.	Глобальный доступ
Виртуальная и дополненная реальность	Системы интерактивного обучения, навигационные системы, сложные инженерные процессы, тактильный интернет и т. д.	1.Повышение качества и доступности образования. 2.Дистанционное образование.	Ограниченная зона с глобальным доступом
Здравоохранение и медицина	Автоматизированная и упрощенная система сбора, хранения и обработки информации о пациенте, анализ и структуризация медицинских данных.	1.Дистанционная и автоматизированная консультация у любого специалиста. 2.Рост доступности медицинских услуг: качественная связь с удалёнными регионами, позволяющая оказывать высококласную поддержку в случае экстренных ситуаций.	Глобальный доступ
	Возможность удаленного мониторинга состояния пациента, консультация, проведение хирургических вмешательств с использованием средств удаленного доступа и управления.		Ограниченная зона с глобальным доступом



Сфера	Сценарий применения	Результат	Оценка зоны покрытия
Транспорт и логистика	Мониторинг, сбор и обработка получаемых данных от транспортных средств в реальном времени.	1. Оптимизация и структуризация трафика движения транспортных средств. 2. Автономные грузоперевозки, городское такси, сельскохозяйственная техника – с целью обеспечения большей точности, надёжности и безопасности процессов.	Глобальный доступ
	Возможность использования беспилотных дронов для осуществления доставки товаров (почта, предметы первой необходимости и т. д.).		Ограниченная зона с глобальным доступом
	Беспилотный транспорт.		

Стандартизация, архитектура и анализ данных в сетях связи пятого поколения

Очевидно, что появление новых услуг и модернизация существующих сервисов принесет еще более активный рост устройств.

Как показал мировой опыт коммерческого запуска сетей 5G, число абонентов с терминалами 5G растёт в несколько раз быстрее, чем это было в сетях 3G и LTE (*Long-Term Evolution*). Например, в сетях 3G срок, когда база достигла 500 млн пользователей, составил 10 лет. Такое же число пользователей в сетях 4G появилось за 5 лет. По прогнозам аналитиков, в сетях 5G этот порог будет достигнут за 3 года [1].

Первая версия системы 5G, основанная на версии спецификаций Release 15 («Rel-15»), разработанная 3GPP, включая 5G Core Network и New Radio 5G с пользовательским оборудованием 5G, в настоящее время коммерчески разворачивается по всему миру как на частотах ниже 6 ГГц, так и на частотах миллиметрового диапазона.

Параллельно с этим вторая фаза 5G стандартизируется 3GPP в версии спецификаций Release 16 («Rel-16»). Хотя основное внимание в Rel-15 уделялось расширенным услугам мобильной широкополосной связи, в Rel-16 – новым функциям для URLLC (*Ultra-Reliable Low Latency Communication*) и IIoT [3].

Rel-15 и Rel-16 также определяют архитектуру сетей связи пятого поколения, как показано на Рис. 1, подробнее о функционировании модулей в архитектуре 5G можно прочитать в Rel-15 и Rel-16.

Потребность в аналитике в телекоммуникационных сетях прослеживается еще с первых дней существования коммутируемой телефонной сети общего пользования (ТФОП). Простые ключевые показатели производительности сетевых узлов – KPI (*Key Performance Indicators*), – использовались на основе статистики для мониторинга сети и для обеспечения того, чтобы в сети не происходило мошеннических действий [4].

В рамках эволюции 4G аналитика с использованием передовых алгоритмов искусственного интеллекта (AI)/машинного обучения (ML), выполняющих про-



гнозную аналитику, обнаружение аномалий, анализ тенденций и кластеризацию, стала лучшим выбором для таких случаев использования, как управление клиентским опытом, персонализированный маркетинг или монетизация данных в дополнение к сетевому управлению.

В настоящее время интегрирование аналитики в сеть является сложной задачей из-за множества нестандартизированных интерфейсов и несогласованных методов сбора данных между сетевыми поставщиками.

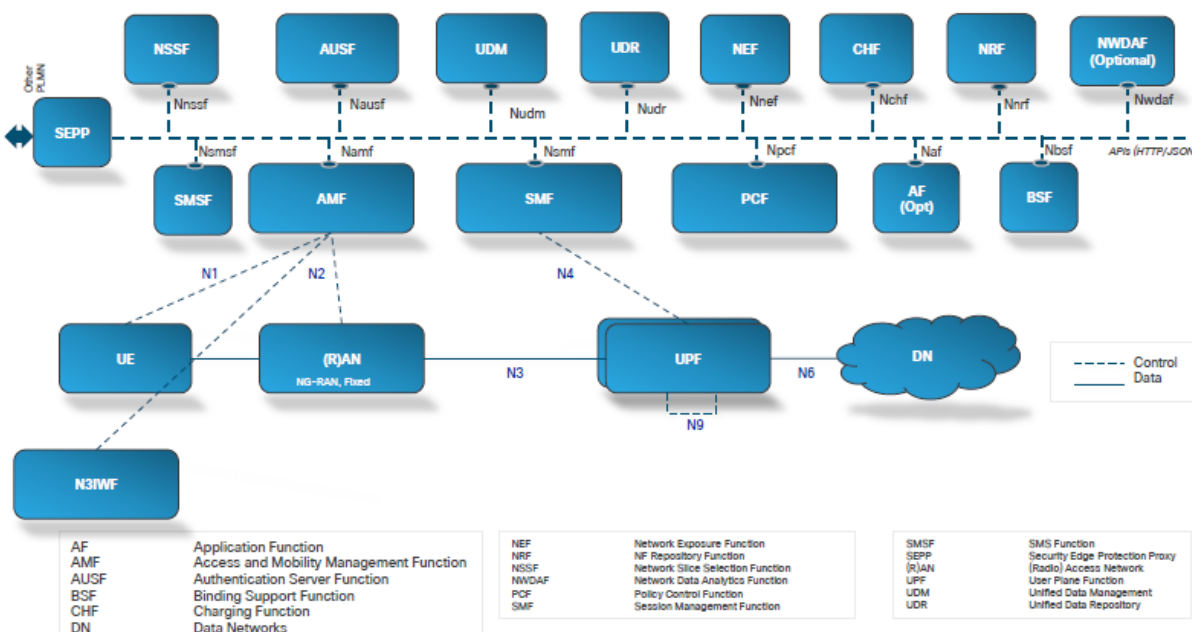


Рис. 1. Сервисная архитектура 5G

Однако эта проблема может быть, наконец, решена функцией анализа сетевых данных – NWDAF, определенной как часть 5GC (5G Core Network) 3GPP (3rd Generation Partnership Project), и включающей в себя стандартные интерфейсы из сервисной архитектуры для сбора данных по модели подписки или запроса от других сетевых функций и аналогичных процедур.

Ожидается, что NWDAF будет иметь распределенную архитектуру (Рис. 2. Архитектура 5G с распределенным NWDAF), обеспечивающую аналитику на границе в режиме реального времени, и центральную функцию для аналитики, которая нуждается в централизованной агрегации (например, опыт обслуживания). NWDAF собирает данные и предоставляет аналитические услуги, используя модель запроса или подписки³.

3GPP TR 23.791 в настоящее время перечислил следующие варианты использования аналитики на основе формул/AI-ML для 5G с использованием NWDAF:

- вычисление и прогнозирование уровня нагрузки для экземпляра сетевого среза;

³ 3GPP TS 23.501 V16.6.0 Release 16 System Architecture for the 5G System (5GS) // TS 123 501 V16.6.0, ETSI, 2020.



- вычисление и прогнозирование опыта обслуживания для группы приложений/user equipment (UE);
- загрузка аналитической информации и прогнозирование для конкретного network function (NF);
- сети расчет нагрузок и предсказания будущего нагрузки;
- прогнозирование ожидаемого поведения UE;
- аномальное поведение/обнаружение аномалий UE;
- информация и прогнозирование, связанные с мобильностью UE;
- коммуникации прогнозов шаблона UE – прогноз поведения пользователя и его наложение на существующие шаблоны UE для адаптации системы;
- информация о перегрузке – текущая и прогнозируемая для конкретного местоположения;
- устойчивость качества обслуживания (QoS), которое включает в себя отчетность и прогнозирование изменений QoS.

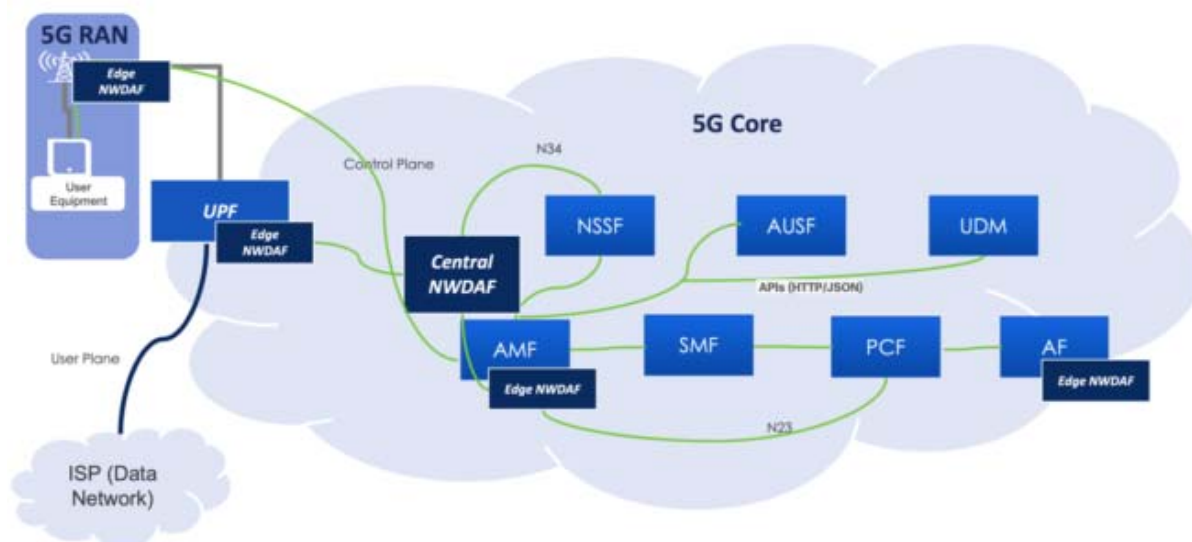


Рис. 2. Архитектура 5G с распределенным NWDAF

На основе перечисленных выше данных возможно формирование кластера и/или совокупности кластеров, где один из кластеров берет на себя функцию управления и взаимодействием с точкой входа во внешнюю сеть – БС. Зона покрытия кластеров ограничивается только пределом скорости передачи информации [5 мкс/км] и может пересекаться с зонами покрытия нескольких БС, что дает возможность управления равномерным распределением внешнего трафика по БС.

Возможность произвести прогнозы и анализ трафика является необходимостью для успешного обеспечения должного уровня инфокоммуникационных и телекоммуникационных услуг.

Использование систем на основе AI может помочь в анализе данных в таких областях как: подготовка данных, визуализация потоковых данных, аналитика и прогнозирование, анализ логистических данных.



Представленные в статье услуги их метаданные, конфигурационные настройки и передаваемый трафик служат источником данных для работы NWDAF. Обеспечивает сбор информации с сетевых функций 5GC, подписку пользователей на услуги NWDAF и предоставление пользователям метаданных, включая статистические данные о событиях, имевших место быть и предиктивную или прогнозную аналитику. Пользователями данной информации выступают PCF, NSSF, AMF, SMF, NEF, UDM, AF, OAM.

Таким образом NWDAF абстрагирован от бизнес-процесса внутри услуги, так как он анализирует общие потоки данных и их связи для выставления дополнительных прогнозов.

Вывод

В данной статье определены и описаны основные услуги и сервисы технологии 5G, которые активно могут и будут использоваться на рынке, как в производственной деятельности, так и в повседневной жизнедеятельности.

NWDAF в 5GC играет ключевую роль в качестве функционального объекта, который собирает KPI и другую информацию о различных сетевых доменах и использует их для предоставления аналитических статистических данных и прогнозируемых данных для сетевых функций 5GC. Алгоритмы усовершенствованного ML могут использовать информацию, собранную NWDAF, для таких задач, как прогнозирование и оптимизация мобильности, обнаружение аномалий, прогнозирование QoS и корреляция данных.

Литература

1. Гордовский Д. Э. 5G: как работает технология и зачем она нужна? // Rusbase: сайт. 2019. URL: <https://rb.ru/longread/what-is-5G/>
2. Степутин А. Н., Николаев А. Д. Мобильная связь на пути к 6G. В 2-х т. Москва-Вологда: Изд-во «Инфра-Инженерия», 2017. Т. 1. 380 с. ISBN 978-5-9729-0182-1; Т. 2. 416 с. ISBN 978-5-9729-0183-6.
3. Manuel Eugenio Morocho-Cayamcela, Haeyoung Lee and Wansu Lim Machine Learning for 5G/B5G Mobile and Wireless Communications: Potential, Limitations, and Future Directions // IEEE access. Vol. 7. 2019. pp. 137184–137206.
4. Satheesh Marappan NWDAF: Automating the 5G network with machine learning and data analytics // TMForum InForm: сайт. 2020. URL: <https://inform.tmforum.org/insights/2020/06/nwdaf-automating-the-5g-network-with-machine-learning-and-data-analytics/>

References

1. Gordovskij D. E. 5G: kak rabotaet tekhnologiya i zachem ona nuzhna? // Rusbase: sajt. 2019. URL: <https://rb.ru/longread/what-is-5G/> (in Russian).
2. Steputin A. N., Nikolaev A. D. Mobile communication on the road to 6G. V 2-h t. Moskva-Vologda: Izd-vo «Infra-Inzheneriya», 2017. T. 1. 380 s. ISBN 978-5-9729-0182-1; T. 2. 416 s. ISBN 978-5-9729-0183-6. (in Russian).
3. Manuel Eugenio Morocho-Cayamcela, Haeyoung Lee and Wansu Lim Machine Learning for 5G/B5G Mobile and Wireless Communications: Potential, Limitations, and Future Directions // IEEE access. Vol. 7. 2019. pp. 137184–137206.
4. Satheesh Marappan NWDAF: Automating the 5G network with machine learning and data analytics // TMForum InForm: сайт. 2020. URL: <https://inform.tmforum.org/insights/2020/06/nwdaf-automating-the-5g-network-with-machine-learning-and-data-analytics/>

**Мирзоев Эмомали Иброгимович**

аспирант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mirzoev@sut.ru

Mirzoev Emomali I.

Postgraduate, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
mirzoev@sut.ru

Елагин Василий Сергеевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, elagin.vas@gmail.ru

Elagin Vasiliy S.

Candidate of engineering sciences, docent, associate professor, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
elagin.vas@gmail.ru

Эктова Анастасия Игоревна

студентка магистратуры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ectova.anastasia@mail.ru

Ectova Anastasia I.

Undergraduate, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
ectova.anastasia@mail.ru

Врублевский Геннадий Михайлович

студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vrublevskii.gena@gmail.com

Vrublevskii Gennadiy M.

Student, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
vrublevskii.gena@gmail.com